

Lepkość jest wynikiem sił tarcia wewnętrznych, które związane jest z przesuwaniami się warstw cieczy względem siebie. Innymi słowy jest to miara wewnętrznego oporu ośrodka podczas przepływu. Zgodnie z laminarnym modelem przepływu, lepkość wynika ze zdolności płynu do przekazywania pędu pomiędzy warstwami poruszającymi się z różnymi prędkościami. Oznacza to, że jeśli dwie warstwy płynącej cieczy są oddalone od siebie o długość  $\Delta x$ , to wystąpi różnica w szybkości poruszania się każdej z warstw cieczy – jedna z nich będzie się poruszać szybciej niż druga.

Wyróżnia się dwie podstawowe miary lepkości:

- Lepkość dynamiczna – jest to stosunek naprężeń ścinających do zmiany szybkości ścinania. Jednostką lepkości dynamicznej w układzie SI jest  $[\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})]$  lub centyputaz  $[\text{cP}] = [\text{g}/(\text{m}\cdot\text{s})]$  w układzie CGS. Wielkość ta oznaczana jest grecką literą  $\mu$  i można ją wyrazić wzorem:

$$\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

gdzie:

$\tau$  – naprężenia ścinające;

$\dot{\gamma}$  – szybkość ścinania

- Lepkość kinematyczna (nazywana też kinetyczną) – jest to stosunek lepkości dynamicznej  $\mu$  do gęstości płynu  $\rho$ . Jednostką lepkości kinematycznej w układzie SI jest  $\text{m}^2/\text{s}$  lub Stokes w układzie CGS. Wielkość ta oznaczana jest zazwyczaj grecką literą  $\nu$  i można ją wyrazić wzorem:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

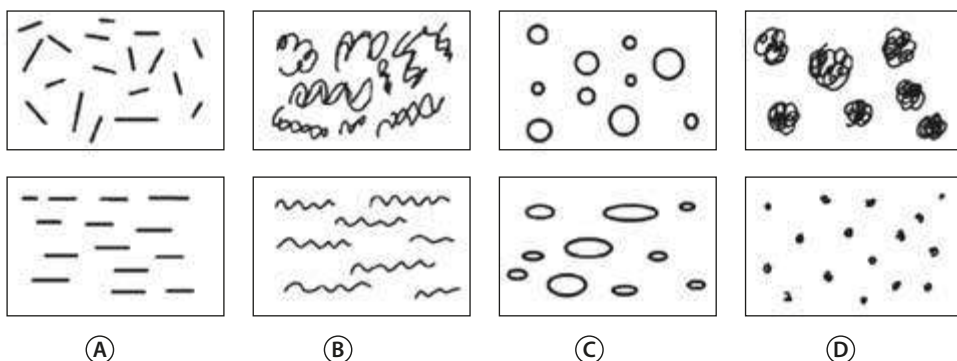
Ze względu na charakter zależności naprężeń ścinających oraz szybkości ścinania wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje płynów, są to ciecze newtonowskie i ciecze nienewtonowskie. Wśród tych drugich można wydzielić wiele podgrup, m.in. ciecze plastyczne, pseudolepkie, tiksotropowe. Ciecz newtonowska (doskonale lepka) jest to model lepkości, który został wprowadzony przez Isaaca Newtona. Pojęcie to definiuje płyny, które wykazują liniową zależność naprężenia ścinającego od szybkości ścinania. Zatem prędkość, z jaką narasta odkształcenie, jest proporcjonalna do przyłożonego naprężenia ścinającego. Lepkość takich cieczy pozostaje więc stała i nie zależy od szybkości ścinania. Do takich cieczy należą:

- ciecze czyste, takie jak woda, etanol;
- roztwory rzeczywiste;
- roztwory rozcieńczone o charakterze micelarnym i koloidalnym.

Natomiast ciecz nienewtonowska to każdy płyn, który nie spełnia hydrodynamicznego prawa Newtona. W przeciwieństwie do płynu newtonowskiego, krzywa

płynięcia (wykres zależności naprężeń stycznych od szybkości ścinania) takiego płynu nie jest funkcją liniową. Lepkość płynu nienuwtonowskiego nie jest więc stała w warunkach izobarycznych, lecz zmienia się w czasie. Wartość lepkości dla tego typu cieczy zależy m.in. od szybkości ścinania, kształtu naczynia, w którym się znajdują, a także rodzaju procesów, jakimi poddano daną ciecz. Wśród cieczy nienuwtonowskich wyróżnia się między innymi:

- a) cieczy pseudoplastyczne – rozrzedzane ścinaniem – ich lepkość zmniejsza się wraz ze wzrostem szybkości ścinania. Asymetryczne cząsteczki znajdujące się w cieczy ulegają stopniowemu uporządkowaniu aż do momentu, w którym nie mogą być upakowane ciasniej (cząstki podłużne układają się wzdłuż linii płynięcia). Jest to moment, w którym ciecz wykazuje najniższą lepkość (najwyższą płynność). Wraz ze wzrostem szybkości ścinania wzrasta stopień uporządkowania asymetrycznych cząsteczek. Zjawisko to przedstawiono na rysunku 4. Pseudoplastyczność jest to cecha stężonych roztworów micelarnych i koloidalnych, w tym emulsji i pian;



**Rysunek 4**

Płynięcie cząstek asymetrycznych w cieczach pseudoplastycznych.

A) orientacja; B) rozciąganie; C) odkształcanie; D) rozpad cząsteczek

- b) cieczy tiksotropowe – lepkość tych układów maleje podczas występowania naprężeń ścinających, jednak po ich ustaniu z powrotem wzrasta. Związane jest to zatem z izotermiczną zmianą konsystencji pod wpływem ruchu mechanicznego. Zjawisko upłynniania żelu pod wpływem bodźców mechanicznych, takich jak mieszanie, a następnie powrót do postaci żelu, nazywane jest tiksotropią. Układ przechodzi wówczas z postaci zolu (ciekłej) w stan żelu, czemu towarzyszy znaczny wzrost lepkości. Zjawisko tiksotropii jest niejednokrotnie pożądaną jako cechą fizykochemiczną produktu kosmetycznego.